

Коммунальное хозяйство городов

УДК 628.345 : 541.183

И.Н.ЧУБ

*Харьковская национальная академия городского хозяйства***РАСЧЕТ АППАРАТОВ С ПЛОТНЫМ СЛОЕМ НА ОСНОВЕ
РАЗРАБОТАННОГО СПОСОБА УЧЕТА НЕРАВНОВЕСНОЙ СОРБЦИИ**

Приводится расчет аппарата с плотным слоем на основе разработанного способа учета неравновесной сорбции. Выполнено сравнение существующего и предложенного расчета степени насыщения зоны массопередачи.

Большинство сорбционных процессов осуществляется в аппаратах с неподвижным плотным слоем. Для технологических расчетов этих аппаратов используют различные существующие инженерные методы расчета. Самыми распространенными и теоретически обоснованными являются расчеты, основанные на применении уравнения Н.А.Шилова. В настоящее время предложены различные варианты этого уравнения для расчета ионообменного умягчения или деминерализации воды. Уравнение Шилова положено в основу расчета ионообменных фильтров в курсе водоподготовка [1].

Расчет параметров в уравнении Шилова может выполняться на основе массообменных методов. Анализ существующих работ по данной теме показывает, что расчеты на основе массообменных методов не учитывают влияния кинетики. В связи с этим неточно определяется время работы слоя заданной высоты. Поэтому предметом настоящей статьи является усовершенствование существующего способа расчета параметров в уравнении Шилова на основе массообменного метода.

Формула Н.А.Шилова отражает влияние статического k и кинетического τ_0 факторов на динамику поглощения слоем [2].

$$\tau = kL - \tau_0, \quad (1)$$

где k – коэффициент защитного действия слоя; τ_0 – потеря времени защитного действия; L – длина слоя.

Для анализа механизма сорбции в динамических условиях необходимо представить сорбционный процесс внутри неподвижного слоя. На рисунке показан аппарат с неподвижным слоем длиной L и графическая интерпретация связи времени и высоты слоя.

Согласно принятой модели реальной сорбции фронт протяженностью l_0 перемещается вдоль слоя со скоростью u с неизменным распределением в нем концентрации поглощаемого вещества, начиная с момента формирования фронта τ_ϕ . Само формирование фронта про-

исходит по специфическим законам, учитывающим свойства рабочих тел и интенсивность массообмена. На рисунке показана зона τ_ϕ и формирование l_0 – это первый период. В этой зоне формируется определенное поле концентраций. Средняя концентрация поглощенного вещества в сорбенте в границах зоны массопередачи, промежуточная между a_p и a_n , остается постоянной в процессе перемещения зоны l_0 вниз по слою. Эта средняя по зоне концентрация поглощенного сорбентом вещества записывается в виде Ψa_p , причем Ψ именуется средней степенью насыщения зоны массопередачи и зависит от профиля концентраций поглощаемого вещества. Она влияет на рабочую емкость сорбента, так как определяет длину неиспользованного слоя сорбента и определение кинетического параметра τ_0 в уравнении Шилова.

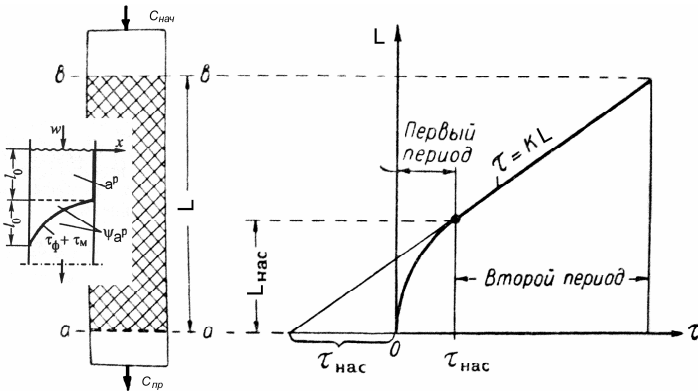


Схема процесса сорбции и зависимость времени сорбции τ от длины слоя сорбента L

Существующий способ определения степени насыщения зоны массопередачи, который представлен формулами (2), не учитывает влияния кинетики на характер распределения вещества и длину рабочей зоны в процессе динамики сорбции.

$$\Psi \approx 1/S_x, \quad \Psi \approx 1/\ln(C_0/C_{np}). \quad (2)$$

Здесь S_x – число единиц переноса; C_0 – исходная концентрация раствора; C_{np} – проскоковая концентрация на выходе из аппарата.

Для устранения существующих недостатков при определении Ψ предлагается использовать псевдоравновесную кривую. Эта кривая

отражает влияние кинетики в процессе динамики сорбции и позволяет определить реальные концентрации в рабочей зоне с учетом влияния кинетики.

В предыдущих работах нами обосновано применение псевдоравновесной (кинетической) кривой для описания неравновесной сорбции в аппаратах с неподвижным слоем [3]. Поэтому воспользуемся методом получения точек этой кривой, предложенным в работах [3]. Для этого необходимо определить изотерму и рабочую линию, построить равновесные ступени. Далее следуя изложенной методике в [3], определяют неизвестные точки и по ним проводят псевдоравновесную кривую. Затем, используя эту кривую, определяют эффективность по Мэрффри для каждой равновесной ступени по формуле

$$E_{жс} = \frac{X_n - X}{X_n - X_p(a_n)} = \frac{AC}{AD}, \quad (3)$$

где X_n – концентрация поступающего на ступень раствора; X_p – концентрация раствора равновесная с адсорбентом; X – концентрация уходящего неравновесного раствора.

Учитывая полученную эффективность для каждой ступени, средняя степень насыщения зоны массопередачи Ψ будет определяться по выражению

$$\Psi = \frac{E_{жсст1} + E_{жсст2} + E_{.....}}{n}, \quad (4)$$

где n – число равновесных ступеней, определяемых по изотерме; $E_{жсст}$ – эффективность каждой равновесной ступени по жидкой фазе.

Такой способ определения степени насыщения зоны массопередачи основан на достаточно простом учете кинетики, через эффективность ступени по Мэрффри. Именно эффективность дает представление о незавершенности процесса сорбции в рабочей зоне и позволяет оценить влияние кинетики на характер распределения вещества.

От величины Ψ зависит определение τ_0 и рабочей емкости сорбента на основе массообменных методов. Определение параметров в уравнении Шилова на основе теории массообмена приводится в литературе [4], поэтому в статье мы остановимся на определении только кинетического параметра τ_0 . Потерянное время τ_0 определяется на основе времени массопередачи τ_M [4].

$$\tau_0 = \tau_M (1 - \Psi). \quad (5)$$

Время массопередачи :

$$\tau_M = \frac{w - \varepsilon_0 u}{K_v u} S_x, \quad (6)$$

где S_x – число единиц переноса; w – расчетная скорость потока; u – скорость перемещения фронта сорбции; ε_0 – порозность слоя сорбента; K_v – объемный коэффициент массопередачи. Эти величины S_x , u , K_v – определяются по предложенной методике [4].

Для обоснования применения полученного выражения (4) был выполнен сравнительный расчет степени насыщения зоны массопередачи – Ψ по формулам (4) и (2). Было установлено, что по формуле (2) $\Psi = 0,27-0,2$, а по формуле (4) $\Psi = 0,63-0,85$. Наиболее благоприятным считается второй результат, так как, ссылаясь на литературные данные, значения Ψ колеблются в пределах 0,3-0,8 и более.

Таким образом, установлено, что для расчета τ_0 можно рекомендовать предложенный способ расчета Ψ по формуле (4).

1. Громогласов А.А. и др. Водоподготовка: Процессы и аппараты. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 272 с.

2. Захаров Е.И. и др. Ионнообменное оборудование атомной промышленности. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 245 с.

3. Чуб И.Н. Расчет сорбционных фильтров с неподвижным слоем для процессов водоподготовки // Сборник тезисов докладов участников I Всеукр. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – К.: НТУУ «КПІ» ВПІ ВПК «Політехніка», 2006. – С.134

4. Айштейн В.Г., Захаров М.К., Носов Г.А., Захаренко В.В. и др. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии Т.2. – М.: Высшая школа, 2003. – 930 с.

Получено 07.11.2006

УДК 504.4

С.В.СВЕРГУЗОВА, канд. техн. наук, Ж.А.СВЕРГУЗОВА

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова
(Российская Федерация)

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ И ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТХОДАМИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Рассматривается возможность использования отходов промышленности для очистки сточных вод, что дает возможность уменьшить количество загрязняющих веществ, поступающих в водные объекты.

Известно, что около 80% возбудителей различных заболеваний